

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-099734

(43)Date of publication of application : 13.04.2001

(51)Int.Cl.

G01L 9/12
H01L 29/84

(21)Application number : 11-280463

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 30.09.1999

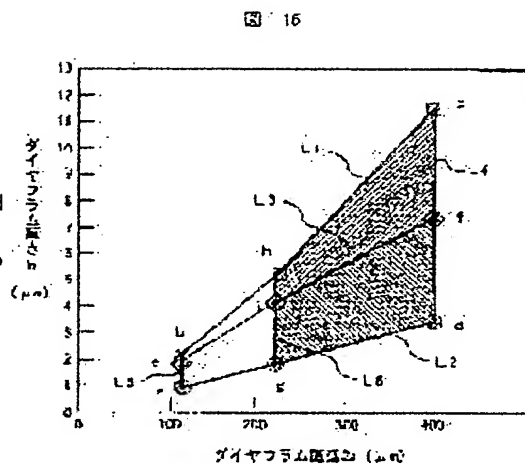
(72)Inventor : SHIMADA SATOSHI
MONMA NAOHIRO
WATANABE TOKUO
MIYAZAKI ATSUSHI
HORIE JUNICHI
YASUKAWA AKIO
SATO SHINYA

(54) SEMICONDUCTOR CAPACITY TYPE PRESSURE SENSOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor capacity type pressure sensor stably and inexpensively manufacturable, having high reliability and measurement accuracy.

SOLUTION: In this semiconductor capacity type pressure sensor having a semiconductor substrate, a silicone diaphragm held on the semiconductor substrate displaceable according to the change of a surrounding pressure, an aperture formed between the semiconductor substrate and the diaphragm, and a silicon oxide film for sealing airtightly the periphery of the aperture, the diaphragm is insulated from the semiconductor substrate through a dielectric, and a fixed electrode opposing to the diaphragm is formed on the dielectric through the aperture, and the size of the aperture is 0.2 to 1.3 μm , the diameter of the diaphragm is 110 to 400 μm , and the thickness of the diaphragm is 1.9 to 11.6 μm .



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 08.06.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration] withdrawal

[Date of final disposal for application] 15.07.2002

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(9) 日木国特許庁 (JP) (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-99734

(P2001-99734A)

(43) 公開日 平成13年4月13日(2001.4.13)

(51) IntCl.	識別記号	FI
G01L 9/12		G01L 9/12
H01L 23/84		H01L 23/84

Fコード(参考)

2F055

Z 4M112

審査請求 未請求 請求項の数 9 OL (全 12 頁)

(21) 出願 号	特願平11-280463	(71) 出願人	00005108
(22) 出願日	平成11年9月30日(1999.9.30)	株式会社日立製作所	
		東京都千代田区神田墨田区四丁目6番地	
		専田 智	
		茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株	
		式会社日立製作所日立研究所内	
		門脇 直弘	
		茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株	
		式会社日立製作所日立研究所内	
		(74) 代理人	100074831
		弁護士 高田 幸彦 (外1名)	

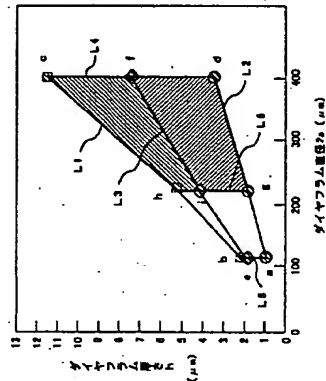
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体容量式圧力センサ

(57) 【要約】

【課題】 安定かつ安価に製造でき、かつ、信頼性と測定精度の高い半導体容量式圧力センサを提供する。

【解決手段】 半導体基板と、該半導体基板に保持される周囲の圧力の変化に応じて変位するシリコン製ダイアフラムと、前記半導体基板と前記ダイアフラムとの間に形成される空隙と、該空隙の周縁を気密封止する酸化シリコン膜とを有する半導体容量式圧力センサであって、前記ダイアフラムは誘電体を介して前記半導体基板から絶縁されており、該ダイアフラムに対抗する固定電極が前記空隙を介して前記誘電体上に形成されており、前記空隙が0.2μm〜1.3μm、前記ダイアフラムの直径が110μm〜400μm、前記ダイアフラムの厚みが1.9μm〜11.6μmである。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板と、該半導体基板に保持され周囲の圧力の変化に応じて変位するシリコン製ダイアフラムと、前記半導体基板と前記ダイアフラムとの間に形成される空隙と、該空隙の周縁を気密封止する酸化シリコン膜とを有する半導体容量式圧力センサであって、前記ダイアフラムに対向する固定電極が誘電体上に形成されており、

前記ダイアフラムは誘電体を介して前記半導体基板から絶縁されており、

前記ダイアフラムの直径が110μm〜400μm、前記ダイアフラムの厚みが1.9μm〜11.6μmであることを特徴とする半導体容量式圧力センサ。

【請求項2】 請求項1記載の半導体容量式圧力センサにおいて、前記空隙が0.2μm〜1.3μmであることを特徴とする半導体容量式圧力センサ。

【請求項3】 請求項1または2記載の半導体容量式圧力センサにおいて、前記ダイアフラムの直径が220μm〜400μm、前記ダイアフラムの厚みが1.9μm〜11.6μmであることを特徴とする半導体容量式圧力センサ。

【請求項4】 半導体基板と、該半導体基板に保持され圧力の変化に応じて変位するシリコン製ダイアフラムと、前記半導体基板と前記ダイアフラムとの間に形成される空隙と、該空隙の周縁を気密封止する膜とを有する半導体容量式圧力センサであって、

前記ダイアフラムに対抗する固定電極が前記空隙を介して前記半導体基板上に固定されており、

前記ダイアフラムの直径が220μm〜400μm、前記ダイアフラムの厚みが1.9μm〜11.6μmであることを特徴とする半導体容量式圧力センサ。

【請求項5】 半導体基板の上に形成され周囲圧力に応じて変化するアクティブ容量と、前記半導体基板の上に形成され周囲圧力に対し実質的に変位しない基準容量と、前記アクティブ容量および基準容量と電気的に接続され両者の差を出力する回路とを有する半導体容量式圧力センサであって、動作する回路とを有する半導体容量式圧力センサを利用して、前記基準容量は、前記半導体基板の上に誘電体を介して形成された導電性の電極を含み、

前記アクティブ容量は、誘電体を介して前記半導体基板表面に固定され周囲圧力の変化に応じて変位するポリシリコン膜からなるダイアフラムと、前記半導体基板の上に形成され前記誘電体と前記ダイアフラムとの間に前記空隙を介して形成される導電性の固定電極と、該空隙の周縁を気密封止する酸化シリコン膜とを含み、

前記ダイアフラムの直径が110μm〜400μm、前記ダイアフラムの厚みが1.9μm〜11.6μm、前記空隙が0.2μm〜1.3μmであることを特徴とする半導体容量式圧力センサ。

【請求項6】 請求項1〜5のいずれかに記載の半導体容量式圧力センサ。

量式圧力センサにおいて、周囲圧力をPとしたとき、前記ダイアフラムの厚みhの上限値を、次式(2)で求めた変位w(h)に基づき、前記ダイアフラムの直径2aに応じて設定したことを特徴とする半導体容量式圧力センサ。

$$w(h) = KP \cdot a^4 / h^3$$

$$K = 3(1 - \nu^2) / (16E) \quad \dots (2)$$

但し、νはポアソン比、Eはヤング率

【請求項7】 請求項6に記載の半導体容量式圧力センサにおいて、前記ダイアフラムの厚みhの下限値を、次式(3)に基づき、前記ダイアフラムの直径2aに応じて設定したことを特徴とする半導体容量式圧力センサ。

$$h = 0.0173a \quad \dots (5)$$

【請求項8】 請求項6に記載の半導体容量式圧力センサにおいて、前記ダイアフラムの厚みhの下限値を、次式(4)に基づき、前記ダイアフラムの直径2aに応じて設定したことを特徴とする半導体容量式圧力センサ。

$$h = 0.037a \quad \dots (6)$$

【請求項9】 請求項1〜8に記載の半導体容量式圧力センサを、大気圧力の検知や自動車用エンジン吸気管圧力検出に用いることを特徴とする、100kPa測定用絶対圧基準型圧力センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は流体の圧力を検出する半導体容量式圧力センサに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来の半導体容量式圧力センサとしては、例えば、特開62-502645号公報、特開平6-252420号公報、特開平7-7162号公報等に記載の圧力センサが知られている。特開62-502645号に記載の圧力センサは、半導体基板上に空隙を介して変形可能な中央部分と基板上に接合される周囲部分とを有する固体材料分のびるエンチチャンネル部分とを有する固体材料と、エンチチャンネルを封止する材料から構成された圧力センサの構造と製造方法を提案している。

【0003】 また、特開平6-252420号公報に記載の圧力センサは、半導体基板表面をドーピングして形成した第1の電極と、この第1の電極の上方に配したドーピングして導電化した多結晶シリコンダイアフラムによる第2の電極と、これら第1、第2の電極間に形成されたキャパシタ、およびダイアフラム層を貫通して形成した開口部に選択的に堆積されたキャパシタ封止用のプラグを有し、ダイアフラムキャパシタと外界圧力の差によりダイアフラムである第2の電極が変位しこの容量変化を検出する構成となっている。

【0004】 さらに、特開平7-7162号公報に記載の圧力センサは、周囲圧の変化に応じて変化するものない基準容量および周囲圧に応じて変化するアクティブ容量を有し、半導体基板上に形成した容量式圧力センサであ

つまり、半導体基板に直接形成した記憶層である第一電極層と、半導体基板に直接形成した半導体シリコン層から成る第二電極層とが対向して形成された単純な構造から成る。この電極層を含む可変性ダイアフラムの第二電極層に形成される、記憶容量、アクセス容量とも半導体基板に形成される。このセンサは、周囲圧力の変化により可変性ダイアフラムが偏位することによって、第一電極層と第二電極層間の容量が対応して変化する。この一特徴としている。

10005) しか、従来の半導体容器風の圧力センサを半導体基板表面に製作する際の課題として、ダイアラムの封止方法が課題であるため安価に製造できないことと、圧力に応じて変化するダイアラムが自身の親和性により漸形変形するため容積はまたは歪み量が設計値から変化して所定の性能が得られないこと、が挙げられる。

【0006】また、半導体基板上に基礎容量、アクティブ電極および検出回路を有する容量式電力センサに関する、高精度化に係る他の課題としては、2つの容量電極と半導体基板近周には基礎純物質濃度ないし基底-基礎容量電極の電位差に応じて変化する寄生容量（接合容量）が生じることである。このため半導体基板を接地または電源の電圧として用いている検出回路と接続した場合、これら二つの電極間と形成される圧力を検知するための容量に、ノイズと対称な電荷・電流-半導体基板間の寄生容量が非常に大きく、かつ変化し、アクティブ電極の変化量に対する寄生容量の比が増大し、これが温度などにより大きく変動するという問題があった。

【0007】本発明の目的は、感度が十分に高く、かつ、測定精度が良く耐久性と信頼性に優れた、半導体容量式圧力センサを提供することにある。

【0008】本発明の他の目的は、安定なプロセスで全面に製造でき、かつ、測定精度の良い半導体容量式圧力センサを提供することにある。

【0009】
【課題を解決するための手段】本発明の特徴は、半導体基板上、該半導体基板上に保持され周囲の圧力の変化に対応して変位するシリコン製ダイヤフラムと、前記半導体基板上と前記ダイヤフラムとの間に形成される空腔と、該空腔の周縁を封止する酸化シリコン膜とを有する、半導体容量式圧力センサであって、前記ダイヤフラムに對向する固定電極と導電性上に形成されており、前記ダイヤフラムを介して前記半導体基板上に形成されており、前記ダイヤフラムの直径が $10\mu\text{m}$ ~ $400\mu\text{m}$ 、前記ダイヤフラムの厚みが $1.9\mu\text{m}$ ~ $11.6\mu\text{m}$ であることにある。

【0010】本発明の他の特徴は、前記半導体容量式圧力センサにおいて、前記空隙を $0.2\mu\text{m}\sim 1.3\mu\text{m}$ としたことにある。

【0011】本発明の他の特徴は、半導体基板上に形成され、周囲圧力に反応して変化するアクティブ容量と、前記半導体基板上に形成され、周囲圧力に対し実質的に変化しない基準容量と、前記アクティブ容量および基準容量と電気的に接続され両者の差を出力する回路とを有する等価式圧電素子の形成を介して形成された導電性の電極を含み、前記半導体基板上に形成された周囲圧力の変化に応じて変化するポリアリシロコン膜からなるダイアフラムと、前記半導体基板上に形成した前記誘電体と前記ダイアフラムとの間に前記空隙を介して形成される導電性の固定電極と、該空隙の周縁をシリコン窒化膜で封止する酸化シリコン膜とを含み、前記ダイアフラムの厚みが $1.9\mu\text{m} \sim 1.400\mu\text{m}$ 、前記ダイアフラムの厚みが $1.9\mu\text{m} \sim 1.6\mu\text{m}$ 、前記空隙が $0.2\mu\text{m} \sim 1.3\mu\text{m}$ の範囲にあることにある。

【0012】本発明によれば、誘電体を介してイオン性半導体基板から絶縁すると共に、ダイアラムの直径を110nm〜400nm、厚みを1.9nm〜1.6nmとしたことにより、寄生容量を小さくすることができ、感度十分に高く、安価で測定精度が良く、耐久性と信頼性の高い半導体容量式圧力センサを、安定なプロセスで大規模に生産することができ、

【0013】
【発明の実施の形態】本発明の第一実施形態になる半導体容器皿式圧力センサを図1～図5で説明する。まず、本発明の半導体容器皿式圧力センサを備えた圧力検出の構造を、図1の平面図、図2の断面図で説明する。

【0014】本発明の第一実施形態になる圧力検出IC 4400は、半導体基板10に酸化物絶縁体20を介して形成したアクティブ領域100および基体容量200、検出回路300から構成される半導体容量式圧力センサを備えており、たとえば、自動車用エンジンの吸気管圧力を検出して燃料の噴射を制御するのに利用される。

【0015】半導体基板10は、半導体に一般的に用いられている単結晶シリコン基板である。SOI基板、エピタキシャル基板なども用いることができる。パイポーラと比較してより高い工程で高純度化できることで知られていて、より少ないC-90SiDスデバを用いる場合には、抵抗率8〜12Ωcm程度のn型またはp型単結晶CZ基板を用いる。

【0016】抵抗率がわずかな酸化物誘導体20は、フレキシビリティ、容量100および基準容量200を半導体基板100から電気的に絶縁している。酸化物誘導体20は、熱化学的酸化、CVD (Chemical Vapor Deposition) 酸化、蒸着、等で形成され、誘導率は3〜4程度である。C-MOSデバイスと同時形成する際には、熱酸化膜 (フィーロード酸化膜) を用いることが可能であり、工程数の低減につながるため、安価な圧力センサを提供することが可能である。

出来る。

【0017】アクティブ容量100は、アクティブ容量
固定電圧30b、パリア電圧40、空腔110、ダイ
アフラム構造体120で構成される。空腔110は封
止用誘電体50により真空中に気密防止されている。
このため周周圧力に比例してダイアフラム構造体120、
は変位する。ダイアフラム構造体120はアクティブ容
量固定電圧30bと対面するダイアフラム電極120部
分と固定足場120a部分からなる。ダイアフラム構造
体120はポリシリコンを用い、不揮発性記憶法などで導体
化すればダイアフラム電極120を得ることができる。

また固定足場120bは、分離層をホトリソグラフィによりマスカ形成後、部分的にエッチングし、その後ダイアフラム構造120を形成することにより得られ、バリヤ層電阻400を介して半導体基板10に固定される。

[0018] 本実施形態において、アクティブ容量1000のダイアフラム電極20の直径は110 μm ~400 μm 、ダイアフラム電極120の厚みは1.9 μm ~11.6 μm 、アクティブ容量固定電極30bと対面する部分におけるアクティブ容量固定電極120とバリヤ層電極400の間の空隙110は0.2 μm ~1.3 μm の範囲とすることが望ましい。

[0019] このような構成にすることにより、周囲圧力の変化をアクチュエータ固定電極30bとダイヤフラム電極120間の空室に変換することが可能である。アクチュエータ固定電極30bおよびダイヤフラム電極120の電位は下記の方法により検出回路300に導くことが出来る。すなわち、ダイヤフラム電極120の電位はダイヤフラム電極接線部130にて取り出し

00c、コンタクト構造70を經由して配線部60bに導かれる。同様に、アクティブ層固定電極30bも配線部30c、コンタクト構造70を經由して配線部60bに導く。ダイアフラム電極構造130は酸化物誘電層40の20上に形成した配線30c上のバリア誘電体層40の一部を除去することにより電気的な導通を得る構造である。固定電極300bは、不純物ドーピングにより増電化した多結晶膜が設けられており、特に、CMOSデバイス等の下部に配線と同一の部材にて層加工することと安価である。下部電極30a、アクティブ層固定電極30b、配線30cは導電性膜であり、不純物が散乱したポリシリコン膜やシリリサリタ等のC-MOSデバイスのゲートと同時に加工することと工程を簡略でき、より安価な圧力センサを提供できる。

【0020】図3に、本発明の第一実施形態になる半導体容量型圧力センサのブロック線図を示す。本実施形態は一般的なスライダスイッチング方式の容量—電圧変換部（容量検出部）および、ゼロ点・感度調整部により構成される。Vccは電源電圧、SW1、SW2は切り替えスイッチ、C1は定電容量200、C2はアークティック电容100、CFは可変電容器G1のフィードバック电容。

品、G2は動作開始器を示す。いまA点に下部電極30
a-半導体基板10間の寄生容量があると仮定すると、
寄生容量と結線抵抗によりSW1のスウィッチング周波数
に一次遅れが発生し、測定精度を低下させる。さらに寄
生容量が電圧依存性を有する場合、さらに不安定な動作
を示し精度が悪化する。B点に寄生容量が存在する場
合、アクティブ容量100の容量変化値と全容量のSN
比が小さく、測定精度を低下させ、さらに寄生容量が
電圧依存性を有する出力V₀が不安定になる。

[0021]本発明を適用した半導体容量式圧力センサ
の基準容量20は、平行平板型容量でありその容量は
電極面積、電極間距離、電極間材料の比誘電率によ
り決定される。本発明の第一実施形態では、電極間距離お
よび電極間材料の決定をバリウムチタン酸40によって行
っている。バリウムチタン酸40にCVDナイドライド膜
を用いた場合、非誘電率は7~9程度である。このため
面積が遠減することになり、比誘電率をより小さく
ンサを提供できる。

【0022】本発明の第一実施形態において、空層50は、固定電圧130とダイアラム構造120間の空層間隔を決定しており、0.2~1.3 μm のほぼ均一な厚さで堆積された分層170をエッチング除去することにより得られる。このため空層50は、ほぼ0.2~1.3 μm の一定の間隔に保たれる。

【0023】なお、本図にはエッチングにより除去されたため図示されていないが、分離層170の一例としては、PSG (Phosphor Siccate Glass) 等のシリコン酸化膜を用いることが可能である。

【0024】固定足場120bは、ダイヤフラム構造120を半埋体基板110に機械的に固定する部分である。固定足場120bは、分岐部170をホトリソグラフィによるマスク形成後、部分的にエッチングし、その後ダイヤフラム構造120を形成することにより得られる。

【000251】本発明の第一実施形態になる半導体容量式圧力センサの製造工程を、図4、図5で説明する。まず、図4(a)に示すように、IC製造用の半導体基板110の熱酸化により、半導体基板111上に誘電体20を形成する。次に、(b)に示すように、ホトリソグラフィによるマスキング後に所定の部分をドライエッチングすることにより、誘電体20に段差構造120Cを形成する。

【0026】次に、図4(c)に示すように、ホト・エッチ工程によりダイアフラム電線30cとダイアフラム構造120の接続部30bを加工する。さらに、図4(d)に示すように、LPCVD(Low Pressure Chemical Vapor Deposition) 窒化膜のバリア層40を堆積した後、ダイアフラム電線接続部130を形成する。【0027】その後、図5(a)に示すように、バリア

層40の上に分離層170を堆積した後、ホト・エッチング工程によりダイアフラム構造120の足場部分120bを加工する。分離層170の厚みは、 $0.2 \sim 1.3 \mu\text{m}$ に規定される。分離層170はシリコン酸化膜が用いられることが多く、本実施形態では1F系のエッチング液でエッチング速度の速いF5Cを用いる。加工した分離層170上に足場120bを堆積する。

【0028】その後、図5(b)に示すように、分塊型170を地下としてホト・エッチ加工によりダイアフラマ構造120を形成する。ダイアフラマ構造120を堆積化するにはダイアフラマ構造120に不純物ドープする方法がある。不純物ドープの方法はダイアフラマ構造120としての多結晶シリコン堆積後に図9Bに示すように処理やイオン注入する方法がある。もしくは多結晶シリコンを堆積中に不純物を混ぜてドープ多結晶シリコンを堆積する方法もある。また分塊型170にn型ないしp型の不純物を適量に含むPSCを用いた場合、多結晶シリコン堆積後のアニールによりPSC中の不純物が多結晶シリコン中に図9Bに示すように堆積化して多結晶シリコンを堆積化する方法もある。

【0029】その故、図5(c)に示すように、形成した分選層170を、エッチングにより除去する。LPCVD酸化膜のバリ層40とPSCの分選層170の組み合わせの場合、H₂系エッチング浴液でウェットエッチングすることで、例えば、本実施形態では分選層170のサイドエッチ量とバリ層40の選択比を適切なものとするにより、ダイアフラム構造120の高さを最大400μm程度までとすることが可能である。

【0030】図5(d)は、LPCVDシリコン酸化膜160によりダイアフラム構造120を気密封止した様子を示す。

【0031】本実施形態での、LPCVDシリコン酸化膜160の製造条件は、デポ温度720〜780℃、デポ圧30〜120Pa、デポガスはケイ酸エチル（TEOS：Tetraethyloxisilane）と酸素（O₂）を採用した。このため、変換50をLPCVDシリコン酸化膜160の堆積時の圧力である30Paから120Pa程度に上げ、変換50の圧力に供給停止することが可能である。

【0032】本製造プロセスによってCMOS回路と同じ基板上に一体化した半導体積層圧力センサを安定に製造できる。かつ、小型で安価な、ダイアフラム構造120の膜厚に圧力120の影響を受けにくい高精度の、絶対圧基準型の積層圧力センサを提供できる。

【0033】本発明において、ダイアフラム構造120の材料は多結晶シリコンが最適であるが、他の素材からなる成る導電性ない絶縁性の膜によっても気密封止されたい。ダイアフラム構造120を有する圧力センサを得ることにより得られる。ダイアフラム構造120は、 $2 \sim 1.2 \mu\text{m}$ のほぼ均一な厚さで堆積された分離層170上に堆積される。分離層170のエッチング後の下地にはほぼ均

一な間隔で形成される。

【0034】本発明の第二実施形態を図6に示す。この第二実施形態では、バリア層電極40以外で構成した基板容量20の例を示した。本実施形態では基板容量20の容量は、下部電極30a、放電容量形電容101、酸化膜202、上部電極60aで構成される。本実施形態においては、酸化膜202が、基板容量形電容20が、アーク電圧1000Vおよび基板容量200を半導体基板10から電気的に絶縁する。ダイアフラム電極120の直径は110μm、ダイアフラム電極120の厚みは1.9μm、ダイアフラム電極120の面積は1.9μm²、ダイアフラム電極120の厚みは1.9μm、アーク電圧容量固定電極30bと対面する部分におけるダイアフラム電極120とバリア層電極40間の空隙110は、2μm〜1.3μmの範囲とする。

【0035】本構成によれば、基体容量200の電解液間、誘電体である基体容量誘電体201の厚さ・材料を、バリア誘電体40は別個に決定することが出来るため、基体容量200の面積より小さな圧力センサを安価に提供することが出来る。

【0036】本発明の第3の実施形態を図7、図8で説明する。図7は本実施形態の縦断面図、図8はその平面図である。

【0037】本実施形態は、基体容量200をアクティ
ブ容量100と同一の製造方法により製作したものであ
る。基体容量200は基体容量固定電極30d、空腔2
10、ダイヤフラム構造体20で構成され、アクティ
ブ容量100と同じく、半導体基板10上に酸化物半導
体20を介して形成する。本実施形態においても、酸化

物理電池2.0が、アクティブ容量1.0および底層容量2.20を半導体基板1.0から電気的に絶縁している。また、アクティブ容量1.0のダイアフラム電極1.20の直径は110μm~400μm、ダイアフラム電圧12.0の厚みは1.9μm~11.6μm、アクティブ容量固定電圧30.0と対面する部分におけるダイアフラム電極1.20とバリア線電極4.0の間の距離11.0は0.2μm~1.3μmの範囲とする。

【0038】本実施形態によれば、アクティブ容量100、基底容量200は共に半導体基板10上に酸化物質を堆積して形成されるので、半導体基板10—基体電圧20を間隔の寄生容量は小さく、実質的に電圧依存性や温度依存性を有さないため、高精度の圧力センサを実現することができる。基底容量200の固定足場220の間隔はアクティブ容量100の固定足場120bの間隔に対して十分短く配置しており、間隔圧力に対して線形に變化して十分な。例えば、ダイアフラム構造体220の要部は固定足場220の間隔の4乗に比例する。すなわち、固定足場220の間隔を固定足場120bの1/4に設定した場合、容量変化の比は約1/25.6程度となる。

【0039】このような構成にすることによって、基準

容量固定電圧30 dはアクティブ容量固定電圧30 bと、空腔210は空腔110と、ダイアラム構造体20はダイアラム構造体120と同時に加工することができ、アクティブ容量100の製造はばつきが少なく、容量200と相殺することができ、さらに同一部品の容量200と相殺することによって、製造化にも相殺することができる。

【0040】以上の様な構成にすることによって、0.2~1.3 μmの空隙5をより少ない工程で30 Paから120 Pa程度のほぼ真空状態に気密封止でき安くて、浮遊密度が小さいため良好な特性で、自動車用等幅広い環境下でも安定した信頼度の高い圧力センサを供給できる。更に、回路部と圧力検出部の1チップ化が可能となり、小型化、低価格化など圧力センサの提供が可能となる。

【0041】次に、本発明のダイアフラマ構造体22の最速構造について説明する。既に述べたとおり、本発明においては、アクティブ容量100のダイアフラマ電極1.20の直径は110 μm 、ダイアフラマ電極1.20の厚さは1.9 μm 、アクティブ容量固定電極30bと対面する部分におけるダイアフラマ電極1.20とバリウム誘電体層40の間の空隙1.0は0.2 μm 、1.9 μm の範囲とすることが望ましい。以下、その相関について要領事項を基に説明する。

【0042】以下の説明において、ダイアフラマ電極20は、図6に示すように、直径がa、厚さがhで、空隙の大きさをdとし、圧力Pが作用するものとする。

【0043】まず、最初に図10で、プロセスから供給される空腔の範囲を示す。本発明の半導体容量式圧力センサにおいて、ダイアフラム構造120の端部がダイアフラム封止部であり、封止用誘電体50としてLPCVDシリコン酸化膜を用いてダイアフラム構造120を封止する。なお、ダイアフラム封止部の形状はLPDシリコン酸化膜の製造条件と空腔110の量に依

【0044】本発明の半導体装置型圧力センサに關し、空腔110を気密封止する際に導通する封止材料の素材は、空腔110の気密性を長期保持するための緻密な膜質であること、ダイアフラム構造120の圧力による変形が実質的に殆ど見られない空腔110を固定電極30および圧力センサのダイアフラム構造120間に有すること、圧力センサの導電圧力と有するため空腔110が真空中であること、ダイアフラム構造120の電流リークを防止するための絶縁層を有することである。

【0045】本発明では、これらの条件をすべて満足する材料としてLPCVDシリコン酸化膜を採用した。LPCVDシリコン酸化膜は高温（700から800℃で1000Å厚）で熱エネルギーによりシリコン酸化膜を堆積するから満足する。他の製造工程は400℃程度で形成するプラズマCVD法を用いた。

VCD法で堆出した膜と比較して緻密な膜質を有する。また半導体基板上にはセンサ構造体による段差面を有するため、基膜表面と基板に垂直な面に対する膜の付き具合であるステップカバレッジを考慮する必要がある。LPCVDシリコン酸化膜では表面部の厚さに対して側面部の厚さは80%以上の段差の堆積膜を形成することが出来る。他の材料としてLPCVD法で形成する窒化膜が考えられるが、堆積時の膜の致密性(実測値:1SGP程度)がシリコン酸化膜(実測値:0.1SGP)と比べて比較して非常に大きく違い約2500A以上堆積すると、膜自身の膜質能力で割れが発生する欠点がある。

【0046】 封止用溶剤50としてのLPCVDシリコン酸化膜の本実施形態での製造条件は、デポ温度720〜780℃、デポ圧30〜120Pa、デポガスはケイ酸エチル (TEOS: Tetraethylorthosilicate) + 窒素 (N₂) を採用した。

【0047】上記製造条件のLPCVDシリコン酸化膜50で空腔110の気密閉止が可能な領域の実験結果を図10のAに入れた。空腔直径が0.1~1.5 μ mの試料を空腔110が気密閉止されるまでLPCVDシリコン酸化膜を堆積した。次に上記試料の断面をSEM (Scanning Electron Microscope) で観察し、空腔の気密閉止に必要な最低堆積厚さ h 、有効空腔直径 d を測定した。

【0048】空隙が $1.3\mu\text{m}$ 以上では、酸化膜50が、自分自身の成膜応力により割れる事が急激に増加した。この実験結果から、この空隙は $1.3\mu\text{m}$ 以下とするのが望ましい。

【0049】空隙が小さい側の側材は、ポリSiの膜をCVD法で成膜した時のダイヤフラムの内部応力起因する反りから決定される。この反りは、図10のBに示すように、ダイヤフラムの直径2aと板厚hに依存する。直径300μm、板厚7μmの場合、反りは約2μm、直径300μm、板厚7μmの場合、反りは約2μm、

直で約0.2 μm であった。ダイオードの圧力による容量変化の感度は製造プロセスの整合性などから、0.2 μm に設計しているもので、空腔幅dは0.2 μm 以上必要である。反厚が小さいと、感測時のダイオードの反りが図10のBに示すように急激に大きくなり、反り量を超え、下の誘電体膜に接触する。

【0050】また、空隙量dが $0.2\mu m$ 未満の場合、シリコン酸化膜の厚さを $110nm$ 以内に入ります。その結果、圧力センサの空隙量が減少する。そのためダイアフラムは $120nm$ の変位を妨げるため圧力センサと隣接しなくなる。酸化膜の入り込みは空隙dの値に依存する。圧力センサの機能を確保するため、実質的に必要な空隙量dは、ダイアフラムの変位量 $0.2\mu m$ 以上である。

【0051】一方、空腔が大きい側の制約は、前述のよ
うに、空腔の周辺部を酸化膜で気密封止し真空基座を
形成するとき、酸化膜の成膜応力によって割れない範囲
で決められる。図10のBに示すように、LPCVDシ

リコン酸化膜を膜厚さ1.3μm以上堆積すると割れ(クラック)が発生する。この原因は、LPCVDシリコン酸化膜の堆積時に発生する残留応力(熱応力+真応力)が、LPCVDシリコン酸化膜自身の破壊強度を上回ることからであると言われている。このような割れは破壊の元となり半導体の歩留まりを低下させる原因である。このため、実質的に有効な最大の空隙幅は1.3μm以下に制限される。

【0052】次に、ダイアフラム電極120の厚みは1.9μm〜11.6μmとするのが望ましい。まず、この厚みの上限は、ダイアフラム電極の感度特性によって決定される。図11は、ダイアフラム電極の感度特性として、圧力による容量変化からの制約を示す。信号処理可能な容量Cの変化を得るためのダイアフラム寸法は、(1)式から導かれ、その直径2aと厚さhで決まらる。

【0053】

$$\begin{array}{ccccccccccc} \text{直径 } 2a \text{ (}\mu\text{m)} & 110 & 150 & 220 & 280 & 400 & 500 & & & & \\ \text{板厚 } h \text{ (}\mu\text{m)} & 2.1 & 3.0 & 5.1 & 7.0 & 11.6 & 15.2 & & & & \end{array}$$

例えば、空隙を0.65μmとした場合、直径2a=280μmでは、板厚h=7μm、固定電極半径ρ=150μmとした場合、100kPaの圧力でダイアフラムが0.2μm変位し、110fFの容量変化が得られる。ここで、容量の検出限界を1fFとすれば1Paすなわち1Paの分解能で圧力を容量変化として検出することができ

る。【0056】次に、図12は、ダイアフラムの強度面からの限界寸法範囲を示す。ダイアフラムを周辺固定の弾性材料として考えると、その周辺部の曲げ応力は、次式(3)で表わされるように、半径aの2乗に比例し板厚hの2乗に反比例する。

$$\sigma = k \cdot p \cdot a^2 / h^2 \quad (3)$$

ここで、kは周辺の固定条件とボアソン比により決まる定数であるが、単位圧力当たりで考えれば板厚hと定数の変換係数とみることが出来る。上式(3)から、板厚hは、次式(4)で表わされる。

$$\begin{array}{ccccccc} \text{直径 } 2a \text{ (}\mu\text{m)} & 110 & 150 & 220 & 280 & 400 & \\ \text{板厚 } h \text{ (}\mu\text{m)} & 0.95 & 1.3 & 1.9 & 3.5 & & \end{array}$$

また、半導体プロセスにおいて大気圧で熱処理を行う場合、ダイアフラムの強度としては製造プロセスの最高温度における強度を考慮する必要がある。製造プロセスにおける最高温度を900℃とすると、ポリシリコンSiの降伏応力は、約510MPaと小さいので、hとaは式(6)で表わされる関係となる。すなわち、図12の線(6)で表わされる領域である。

$$\begin{array}{ccccccc} \text{直径 } 2a \text{ (}\mu\text{m)} & 110 & 150 & 220 & 280 & 400 & \\ \text{板厚 } h \text{ (}\mu\text{m)} & 2.0 & 2.8 & 4.1 & 7.4 & & \end{array}$$

次に、図13は、空隙を形成するための犠牲層エッチング可能距離からみた限界寸法範囲を示す。まず後でエッチングされる犠牲層としてPSG(リン処理SiO₂)を形成

する。PSGの厚さが0.2〜1.3μmではサイドエッチングでできる距離は200μmで、直徑にして400μmの空隙を形成するのが限度である。400μmを超えると、エッチングの不良が生じ、リーク電流が急激に増大する。すなわち、図13の直線L4よりも左側の領域が、犠牲層エッチング可能距離からみた有効な領域である。

【0063】また、図14は、センサ容量に対する浮遊容量の倍率からみた限界寸法範囲を示す。図3でも説明したように、ダイアフラム周辺部に設けた足場120b(ダイアフラム周辺部に設けた犠牲層エッチング用のエッチング穴を除いてダイアフラムをS1基板に絶縁膜を介して固定する部分)とS1基板10との間には、S13N4やSiO₂の絶縁膜が誘電体として存在し、これを浮遊容量として働き、圧力により変化するゲージ容量を電圧倍率に変換する際に影響を与える。

【0064】この目安として浮遊容量のゲージ容量に対する倍率を表した。直径が220μm以下となると2乗曲線で倍率が大きくなり、さらに、直径が110μm以下となると急激に倍率が大きくなる。すなわち、図14の直線L5よりも右側の領域、望ましくは直線L6よりも右側の領域が、センサ容量に対する浮遊容量の倍率からみた有効な領域である。

【0065】以上の説明した実験、検討の結果を纏めたものが、図15である。図15の線分L1とL2、L4とL5に囲まれた(1)の台形a b c dの領域内とするのが望ましい。最も望ましいのは、上記領域の中で線分L6よりも右側すなわち(2)の台形c d e f hの領域内である。

【0066】もし、半導体プロセスにおいて大気圧で熱処理を行う場合は、上記領域の中で線分L3よりも上側すなわち(3)の台形c f e bの領域内とするのが望ましい。

【0067】また、空隙に関しても先に述べた理由により、0.2μm〜1.3μmとするのが望ましい。

【0068】

【説明の効果】本発明によれば、半導体プロセスで製造される容量式絶対圧基準型圧力センサに關し、ダイアフラム電極の直徑を110μm〜400μm、ダイアフラム電極の厚みを1.9μm〜11.6μmとしたことにより、半導体プロセスの発生容量を小さくかつ電圧依存性を実質的に無視できる。そのため、感度の十分に高く、測定精度の良く、耐久性に優れ、信頼性の高い、安定した半導体容量式圧力センサを安定したプロセスで提供することが出来る。上記数値範囲は、製造プロセス上及び使用上から見てベストの範囲であり、実用性に優れた容量式圧力センサを提供することができる。

【0069】また、半導体容量式圧力センサを上記数値

範囲とすることで、回路部と圧力検出部のチップ化が可能となり、小型化、低価格化な圧力センサの提供が可能となる。さらに、自動正用としても良好な特性で安定した信頼性の高い圧力センサを提供できる。

05 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態になる半導体容量式圧力センサの縦断面形状を示す図。

【図2】本発明の第1実施形態の平面図を示す図。

【図3】本発明の第1実施形態の圧力検出回路のブロック図を示す図。

【図4】本発明の第1実施形態の圧力センサの製造工程を説明する図。

【図5】本発明の第1実施形態の圧力センサの製造工程を説明する図。

【図6】本発明の第2実施形態になる半導体容量式圧力センサの縦断面形状を示す図。

【図7】本発明の第2実施形態になる半導体容量式圧力センサの縦断面形状を示す図。

【図8】本発明の第2実施形態の平面図を示す図。

【図9】本発明に關する実験結果を説明するための、ダイアフラム電極の形状に関する定数を示す図である。

【図10】本発明のダイアフラム電極における、空隙の気密封止が可能な領域の実験結果を示す図である。

【図11】本発明のダイアフラム電極の感度特性として、圧力と容量変化の関係を示す図である。

【図12】本発明のダイアフラム電極の、強度面からの限界寸法範囲を示す図である。

【図13】本発明のダイアフラム電極において、空隙を形成するための犠牲層エッチング可能距離からみた限界寸法範囲を示す図である。

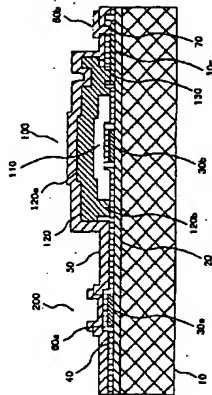
【図14】本発明のダイアフラム電極において、センサ容量に対する浮遊容量の倍率からみた限界寸法範囲を示す図である。

【図15】本発明のダイアフラム電極の望ましい形状として、図10〜図14の実験結果を纏めたものである。

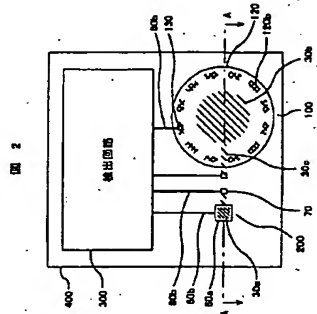
【符号の説明】

10…半導体基板、20…酸化物理誘電体、30…導電体、30a…下部電極、30b…アクティブ容量固定電極、30c…配線、30d…基準容量固定電極、40…バリア誘電体層、50…封止用誘電体、60…金属導体、60a…上部電極、60b…配線部、70…コンダクト構造、100…アクティブ容量、110…空隙、120、220…ダイアフラム構造体、120a…ダイアフラム電極、120b…固定足場、130…ダイアフラム電極後縁部、200…基準容量、201…基準容量誘電体、202…酸化膜、203…パッシベーション膜、210…空隙、220a…ダイアフラム電極、220b…固定足場、300…検出回路、400…圧力検出回路。

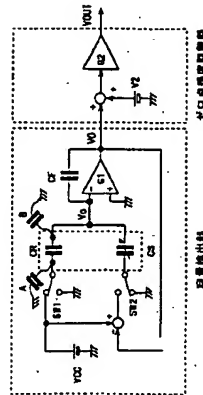
【図1】



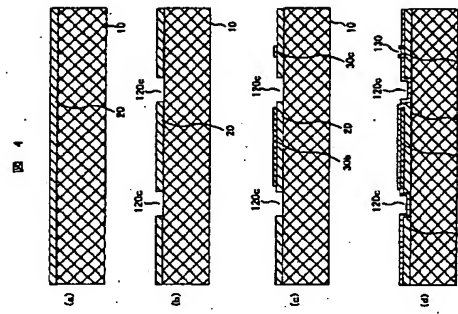
【図2】



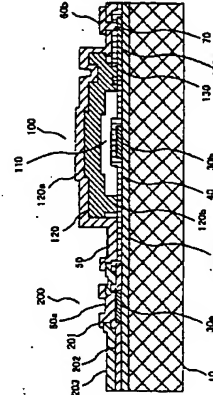
【図3】



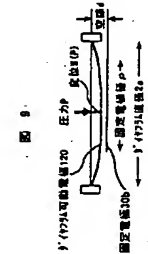
【図4】



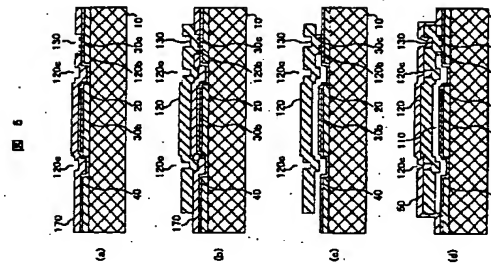
【図6】



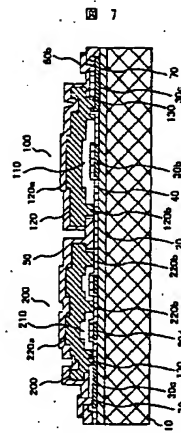
【図9】



【図5】

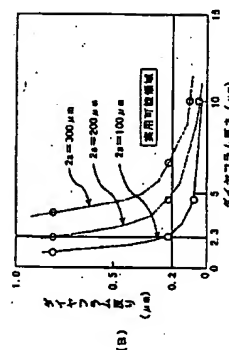
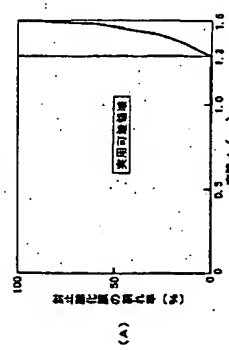


【図7】

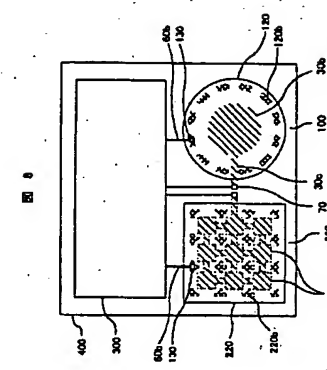


【図10】

【図10】

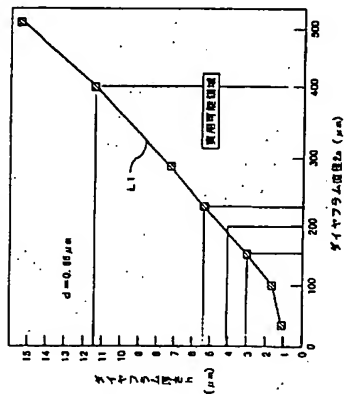


【図8】



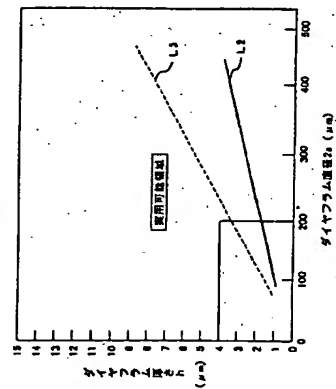
【図11】

図 11



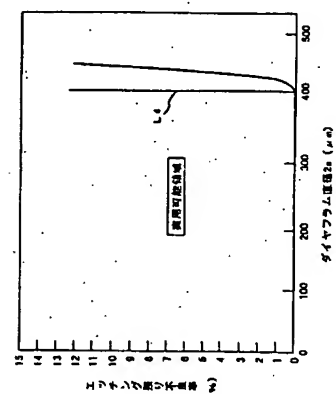
【図12】

図 12



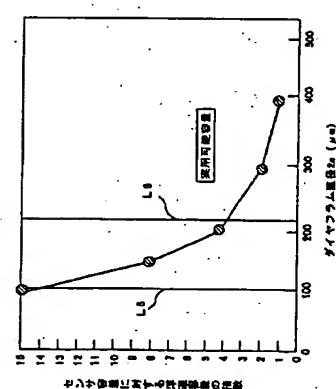
【図13】

図 13



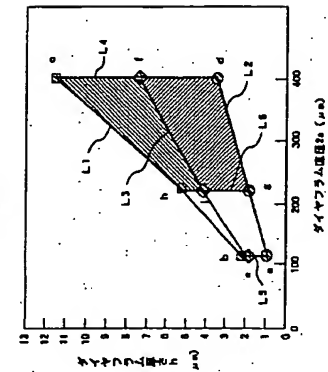
【図14】

図 14



【図15】

図 15



フロントページの続き

- | | |
|-----------------------|--|
| (72)発明者 渡辺 篤雄 | (72)発明者 保川 彰夫 |
| 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株 | 茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内 |
| 式会社日立製作所日立研究所内 | |
| (72)発明者 富崎 敦史 | (72)発明者 佐藤 真也 |
| 茨城県ひたちなか市大字高埜2520番地 株 | 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株 |
| 式会社日立製作所自動車機器グループ内 | 式会社日立製作所日立研究所内 |
| (72)発明者 堀江 潤一 | 30 Fターム(参考) 2F055 AA40 BB20 CC02 DD05 EE25 |
| 茨城県ひたちなか市大字高埜2520番地 株 | FF15 FF43 GG15 GG31 GG49 |
| 式会社日立製作所自動車機器グループ内 | 4H12 AA01 BA07 CA02 CA12 DA03 |
| | DA04 DA06 DA12 DA15 EA02 |
| | EA04 EA06 EA07 FA11 |